

## TEMA 2: LA CÉLULA. ESTRUCTURA Y FUNCIÓN.

### 1. INTRODUCCIÓN.

Estudios detallados tanto de microscopía óptica como electrónica han permitido conocer en detalle la organización celular. Según la Teoría Celular, todos los seres vivos están formados por unas estructuras parecidas: las **células**. Se puede resumir en tres principios:

1.- Todos los organismos vivos están constituidos por una o varias células; la célula es, por tanto, la unidad vital de los seres vivos.

2.- Las células son capaces de una existencia independiente; las células son, por tanto, la unidad anatómica (unidad estructural) y fisiológica (unidad de funcionamiento) de los seres vivos.

3.- Toda célula proviene de otra célula ya existente; la célula es, por tanto, la unidad genética de los seres vivos.

La célula es la unidad más pequeña de un ser vivo que muestra todas las propiedades características de la vida, ya que se distingue del medio que la rodea (gracias a su membrana), tiene un metabolismo propio y puede replicarse (toda célula procede de otra célula anterior).

La división más importante entre los seres vivos no es la existente entre animales y vegetales, como podría pensarse, sino la de organismos eucariotas y organismos procariotas. Debido a su organización más compleja, las células eucariotas debieron aparecer evolutivamente con posterioridad a las procariotas. Según la Teoría Endosimbiótica, los eucariotas surgieron de la asociación de varias células procariotas.

Una célula **eucariota** es aquella que tiene el núcleo rodeado por una membrana que la aísla del citoplasma, es decir, que posee un verdadero núcleo, además de otros orgánulos intracelulares, en los cuales tienen lugar muchas de las funciones celulares. Mientras que una célula **procariota** carece de núcleo y otros orgánulos rodeados por membranas, aunque los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en estos orgánulos, como la respiración y la fotosíntesis, también pueden darse en estas células.



Fig 1: Célula procariota.

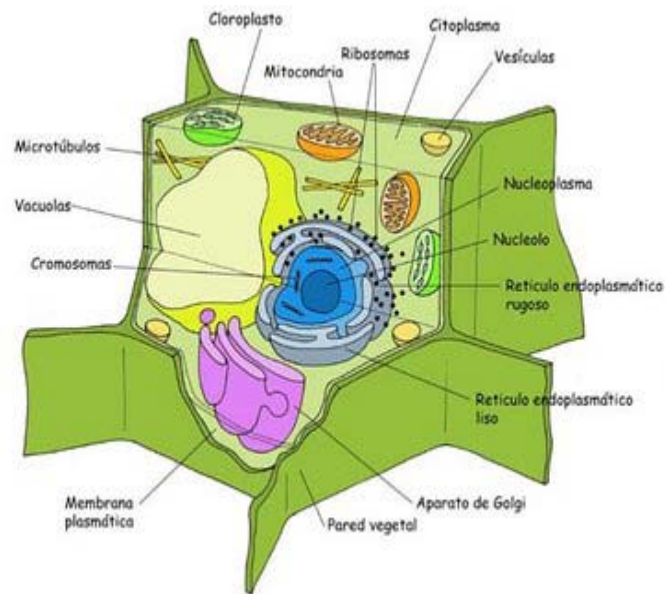


Fig.2: Célula eucariota vegetal.

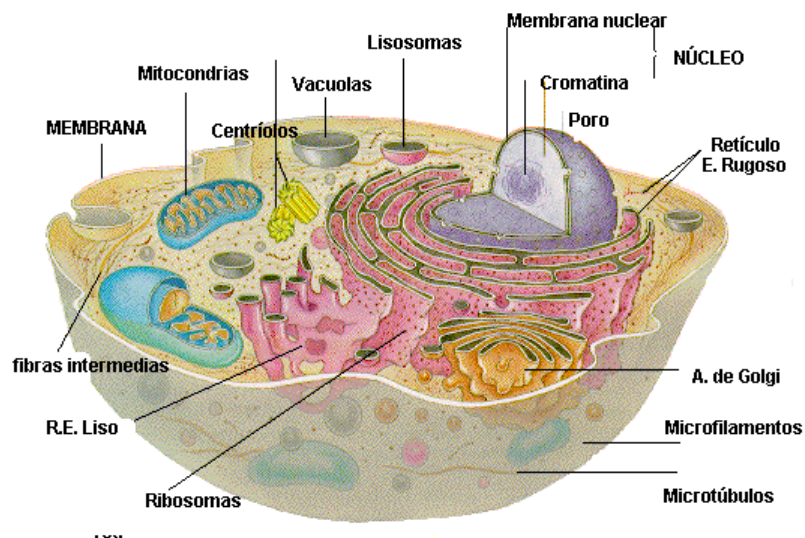


Fig.3: Célula eucariota animal.

TABLA DE	DIFERENCIAS
PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
Células de tamaño pequeño	Células de tamaño generalmente grande
ADN disperso por el citoplasma (genóforo)	ADN en el núcleo rodeado por una membrana
Ribosomas 70 S	Ribosomas 80 S (los presentes en mitocondrias y cloroplastos son 70 S)
Sin orgánulos celulares	Con orgánulos celulares
División celular directa (sin mitosis)	División celular por mitosis
Sin centriolos, huso mitótico y microtúbulos	Con centriolos, huso mitótico y microtúbulos
Pocas formas multicelulares. No forman tejidos	Formas unicelulares y multicelulares. Estas últimas pueden formar tejidos
Grandes diferencias en sus metabolismos	Idéntico metabolismo de obtención de energía (glucólisis y ciclo de Krebs)

## 2. COMPONENTES DE LA CÉLULA EUCARIOTA.

No existe una célula que se pueda considerar típica y representativa de todas las demás. Sin embargo, todas comparten rasgos comunes que permiten elaborar un modelo. La superficie externa está limitada por la membrana celular o plasmática, que aísla a la célula del entorno y a través de la cual entran y salen los nutrientes y materiales de desecho (controla el equilibrio químico). En su interior se encuentra el núcleo, centro de control de sus actividades (por ser la sede del material genético: ADN). El resto del volumen corresponde al citoplasma. A todos los componentes y sustancias que encierra la membrana se les suele dar el nombre genérico de protoplasma.

Las células animales y vegetales tienen en común, básicamente, tres partes: la membrana plasmática, el citoplasma y el núcleo.

Las células animales se diferencian de las vegetales en que las primeras obtienen la energía de los alimentos que ingieren los seres humanos y los animales. Los centriolos, que dirigen la mitosis, son exclusivos de las células animales.

Los elementos (u orgánulos) propios de las células vegetales son:

- **la pared celular**, que esta compuesta por celulosa y recubre la membrana.
- **los cloroplastos** en los que se lleva a cabo la fotosíntesis.
- **las vacuolas**, que ayudan a almacenar productos del metabolismo y remover productos tóxicos.

Las partes que componen la célula son:

1. *Membrana plasmática. Pared celular.*
2. *Citoplasma:*
  - Citoesqueleto. Hialoplasma.
  - Sistemas de membranas y orgánulos membranosos:
    - Retículo endoplasmático: liso y rugoso.
    - Aparato de Golgi.
    - Lisosomas.
    - Peroxisomas o microcuerpos.
    - Vacuolas.
    - Mitocondrias.
    - Cloroplastos.
  - Orgánulos sin porciones membranosas:
    - Ribosomas.
    - Centriolos
  - Inclusiones celulares.
3. *Núcleo:*
  - Membrana nuclear.
  - Cromatina. Cromosomas.
  - Nucleolo.

### 2.1. Membranas celulares: composición química y estructura.

Las células pueden tener diferentes tipos de envolturas pero siempre tienen membranas, estructuras laminares formadas básicamente por lípidos y membranas. La matriz extracelular en las células animales y la pared vegetal de las células vegetales son otras envolturas organizadas que proporcionan una protección general y cooperan en la relación entre la célula y su entorno.

Hoy día, el modelo de membrana que se acepta integra los conocimientos que se poseen sobre la disposición de sus componentes. Dicho modelo fue propuesto por Singer y Nicholson en 1972 y se denomina "*modelo del mosaico fluido*". Este modelo se basa en 3 premisas:

- 1.- Los lípidos y las proteínas integrales que forman la membrana constituyen un mosaico molecular.
- 2.- Los lípidos y las proteínas pueden desplazarse en el plano de la bicapa lipídica. Por ello las membranas son fluidas.
- 3.- Las membranas son asimétricas en cuanto a la disposición de sus componentes moleculares.

Observada una célula con M.E. se aprecia una envoltura que, de modo continuo, delimita el territorio celular y actúa como frontera de la célula respecto al medio externo: es la membrana plasmática. Las células realizan el intercambio de sustancias con el medio externo a través de esta membrana en la que además tienen lugar muchas reacciones químicas esenciales para la supervivencia celular.

Al microscopio electrónico la membrana celular se presenta como dos líneas oscuras, separadas por una zona clara. El grosor total de la membrana es de 8-10 nm. Esta apariencia se debe a que está formada por una doble capa fosfolipídica (por dos capas de moléculas de fosfolípidos todos ellos orientados de manera que sus extremos hidrosolubles se encuentran mirando hacia el exterior y los extremos liposolubles hacia el exterior), en la que se hallan inmersas moléculas de proteínas capaces de desplazarse horizontalmente a través de las capas lipídicas. Tanto los fosfolípidos como las proteínas llevan unidas por su cara externa cadenas de azúcares (polisacáridos). Se les denomina respectivamente glucolípidos y glucoproteínas, constituyendo en conjunto el glucocalix.

**A) LÍPIDOS:** Los más abundantes son los fosfolípidos, el colesterol y los glucolípidos. Debido a su carácter anfipático (poseen un extremo hidrófobo y uno hidrófilo), cuando se encuentran en medio acuoso se disponen formando una bicapa lipídica. La proporción que corresponde a cada lípido no es igual en cada una de las dos capas. La bicapa lipídica aporta la estructura básica a la membrana y, debido a su fluidez, son posibles muchas de las funciones que desempeñan las membranas celulares. Se dice que la bicapa lipídica es fluida porque se comporta del mismo modo en que lo haría un líquido, es decir, las moléculas pueden desplazarse girando sobre sí mismas o intercambiar su posición con la de otras moléculas situadas dentro de la misma monocapa. Es poco frecuente el intercambio entre moléculas situadas en monocapas distintas.

**B) PROTEÍNAS:** Las proteínas se sitúan en la bicapa lipídica en función de su mayor o menor afinidad por el agua. Debido a ello se asocian con los lípidos de la membrana de diversas formas:

- Proteínas que atraviesan la membrana. Se llaman proteínas transmembrana.
- Proteínas que se introducen en parte dentro de la membrana.
- Proteínas situadas en el medio externo a uno u otro lado de la bicapa y unidas a proteínas transmembrana o a lípidos.

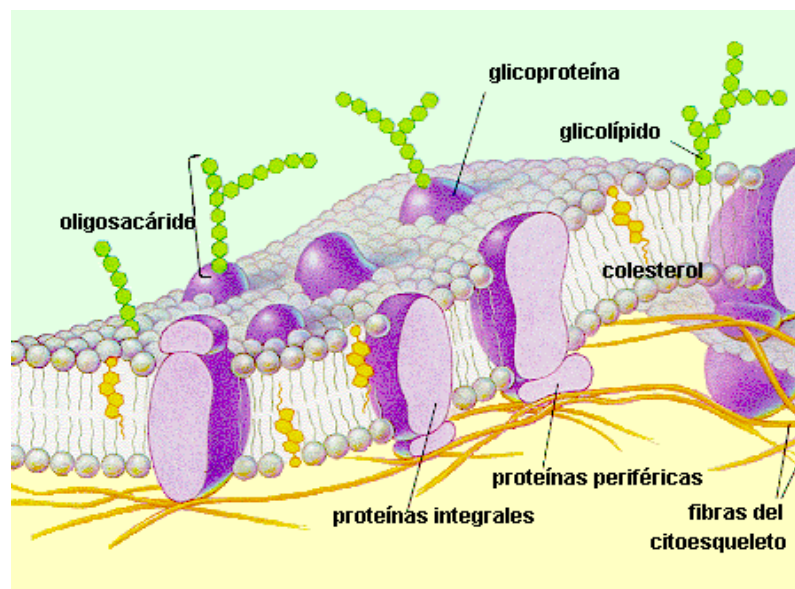
El lugar que ocupan las proteínas y su mayor o menor grado de unión con los lípidos influyen en la facilidad con que pueden ser separadas del resto de los componentes de la membrana. Según esto se clasifican en dos grupos:

- **Proteínas integrales o intrínsecas:** están íntimamente asociadas a los lípidos y son difíciles de separar. Constituyen aproximadamente el 70% del total y son insolubles en disoluciones acuosas.

- **Proteínas periféricas o extrínsecas:** están poco asociadas a los lípidos, se aíslan con facilidad y son solubles en disoluciones acuosas.

Al igual que los lípidos, las moléculas de proteína pueden desplazarse por la membrana aunque su difusión es más lenta debido a su mayor masa molecular.

Fig. 4: Estructura de la mb.plasmt.





**C) GLÚCIDOS:** Se asocian a los lípidos formando glucolípidos o a las proteínas formando glucoproteínas. Están situados en la cara de la membrana que da al medio extracelular y forma la cubierta celular o glucocálix. Esta disposición de los glúcidos y el hecho de que los lípidos de las dos monocapas sean distintos, da a la membrana plasmática un claro carácter asimétrico.

## 2.2. Funciones biológicas de la membrana plasmática.

En general se encarga de relacionar a los organismos unicelulares con su medio externo o a unas células con otras en el caso de los organismos pluricelulares. No es tan sólo una estructura que sirva para mantener encerrada a la célula e impedir que se escape el contenido de su citoplasma. También está dotada de una gran actividad y desempeña numerosas funciones, como por ejemplo:

1.- Recibir y transmitir señales, es decir, controlar el flujo de información entre las células y su entorno. Esto es posible gracias a que la membrana contiene receptores específicos para los estímulos externos. A su vez, algunas membranas generan señales, que pueden ser químicas o eléctricas (p.ej. las neuronas).

2.- Proporcionar un medio óptimo para el funcionamiento de las proteínas de membrana (enzimas, receptores y proteínas transportadoras). Los enzimas de membrana catalizan reacciones que difícilmente tendrían lugar en un medio acuoso.

3.- Controlar el desarrollo de la célula y la división celular.

4.- Permitir una disposición adecuada de moléculas funcionalmente activas (antígenos, anticuerpos, etc.)

5.- Delimitar compartimentos intracelulares.

6.- Mantener una permeabilidad selectiva mediante el control del paso de sustancias entre el exterior y el interior de la célula. Es el denominado transporte celular.

## 2.3. Intercambio de sustancias entre el interior y el exterior:

Las células precisan para su subsistencia de un continuo intercambio de sustancias con el exterior que se realiza a través de su membrana plasmática. Debido a las características de su bicapa lipídica, permiten el paso por simple difusión de moléculas hidrofóbicas. Sin embargo, son impermeables a iones y moléculas orgánicas polares, que pasan al interior por mecanismos de transporte específico en los que intervienen las proteínas. Por ello, la membrana debe actuar como una barrera semipermeable muy selectiva, tanto frente a los iones como a las sustancias de alta y baja masa molecular.

Las membranas de cada orgánulo tienen sus propias proteínas de transporte, que determinan qué tipo de sustancias pueden entrar o salir.

El intercambio de sustancias a través de una membrana puede ser pasivo y activo:

1. **PASIVO:** Siempre sucede a favor de gradiente de concentración (de la zona de mayor a la de menor concentración. Ocurre espontáneamente y sin gasto de energía. Puede ser, a su vez, de tres clases:

- a) **Difusión simple:** a través de la bicapa lipídica. Gases como el oxígeno y el nitrógeno entran a la célula de esta forma. También pueden atravesar la bicapa lipídica moléculas polares de pequeño tamaño que no posean cargas eléctricas, como el agua, urea, etanol, glicerina o el dióxido de carbono.
- b) **Difusión facilitada:** Por cambios de conformación de proteínas. Las proteínas transportadas se unen a una molécula o ion en una parte de la membrana y lo liberan en la otra. Son específicas, porque cada molécula de soluto se une exclusivamente con su correspondiente transportador, es decir, se tienen que ajustar físico-químicamente a un soluto específico, de modo semejante a como lo hace una enzima con su sustrato. De esta forma se transportan azúcares, aminoácidos y macromoléculas. Ej. Transporte pasivo de glucosa en las células hepáticas de los mamíferos.
- c) **Difusión a través de canales acuosos formados por proteínas:** La mayoría de estos canales son muy estrechos y sólo permiten el paso de iones de manera selectiva; es decir, cada canal sólo deja pasar un tipo de ion. Muchos de ellos no permanecen continuamente abiertos; su apertura y cierre están regulados por diferentes mecanismos.

Cuando la molécula transportada tiene carga eléctrica, influye además el *gradiente eléctrico*, ya que en las proximidades de la mb. Plasmática el interior es negativo y el exterior, positivo. Para determinadas moléculas que tengan una concentración mayor en el exterior y, además, carga positiva, la fuerza que las impulsa a entrar será mayor. Si tuvieran carga negativa, esa fuerza estaría disminuida por la repulsión eléctrica. Así, la fuerza impulsora de un soluto a través de una mb. Depende del *gradiente electroquímico*.

- 2. **ACTIVO:** Se realiza en contra de gradiente de concentración (de la región de menor a la de mayor concentración). En él intervienen proteínas que aprovechan alguna fuente de energía. Va acompañado, por tanto, de un gasto energético.
- a) **Transporte activo primario:** Cuando el transporte activo tiene lugar acoplado directamente al gasto energético. Un ejemplo es la *bomba de Na-K*, que acopla el transporte de Na hacia el exterior con el transporte de K hacia el interior, ambos en contra de su gradiente. El proceso de transporte se realiza con consumo de ATP. Otras bombas similares son la bomba de Ca o la bomba de protones (H<sup>+</sup>).
- b) **Transporte activo secundario:** Algunas moléculas son transportadas en contra de gradiente, aprovechando una situación creada por un transporte activo primario. Ej: transporte activo de glucosa acoplado al paso de Na en el mismo sentido (cotransporte unidireccional). También se transportan de esta forma aminoácidos.

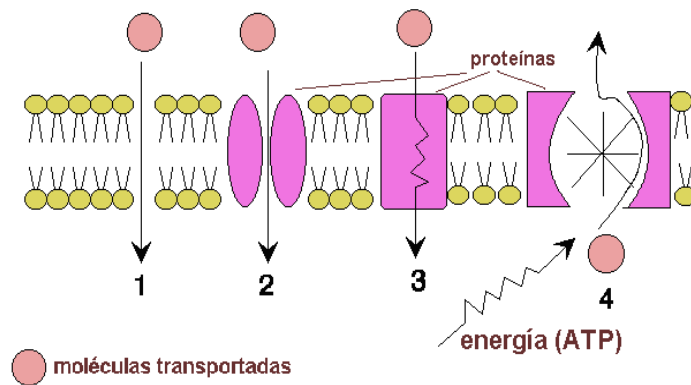


Fig 5: Transporte celular.

- (1) Difusión simple a través de la bicapa
- (2) Difusión simple a través de canales
- (3) Difusión facilitada
- (4) Transporte activo

## ENDOCITOSIS

Muchas moléculas grandes, como las proteínas, no pueden pasar a través de la mb. Plasmática por los anteriores mecanismos. En las células eucarióticas existe un mecanismo, la **endocitosis**, que les permite captar continuamente fluido y moléculas, incluso, grandes partículas y células enteras.

El material que ha de capturar es rodeado progresivamente por una pequeña porción de membrana plasmática, donde se produce un hundimiento o depresión. Después se formará la **vesícula endocítica**, que quedará en el citoplasma para su utilización posterior.

El fenómeno de la endocitosis comprende dos modalidades: fagocitosis cuando lo que se incorpora al interior celular son partículas sólidas relativamente grandes y pinocitosis cuando son pequeñas gotas de líquido lo que se capta por endocitosis.

### TIPOS DE ENDOCITOSIS:

**a) Fagocitosis:** En el caso de los organismos unicelulares, tiene una función sobre todo alimenticia; seres como las amebas que pueden deformar su cuerpo, cuando tienen a su alcance una partícula alimenticia, emiten unas prolongaciones citoplasmáticas llamadas *pseudópodos*, con los que la rodean cerrando así una cavidad, llamada **vacuola digestiva**, donde queda englobada la partícula de alimento y en donde es digerida gracias a enzimas que son vertidos en dicha vacuola.

En los seres pluricelulares superiores realizan la fagocitosis unas pocas células especializadas con fines diferentes a la nutrición: las células fagocitarias. Entre ellas se encuentran los macrófagos de los tejidos y algunos leucocitos de la sangre



que eliminan microorganismos siguiendo un mecanismo parecido al de las vacuolas digestivas.

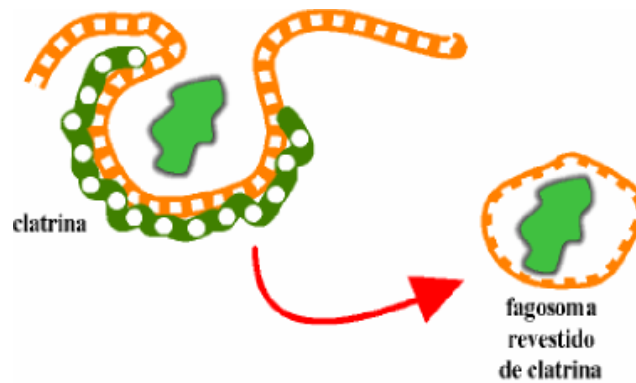


Fig 6: Fagocitosis.

**b) Pinocitosis:** Es la ingestión de líquidos mediante la formación de invaginaciones que engloban los líquidos y se estrangulan formando vacuolas digestivas. Se presenta en organismos unicelulares y en diversas células de los pluricelulares, especialmente las que tapizan las cavidades digestivas. La pinocitosis no siempre va dirigida a la captura de nutrientes líquidos para su posterior digestión. A veces es un mecanismo destinado a introducir sustancias de reserva en las células, para después incorporarse a las cavidades del retículo endoplasmático donde son almacenados. Otras veces la pinocitosis tiene como objeto el transporte de sustancias extracelulares de un lado a otro de la célula sin que queden retenidas en ella.

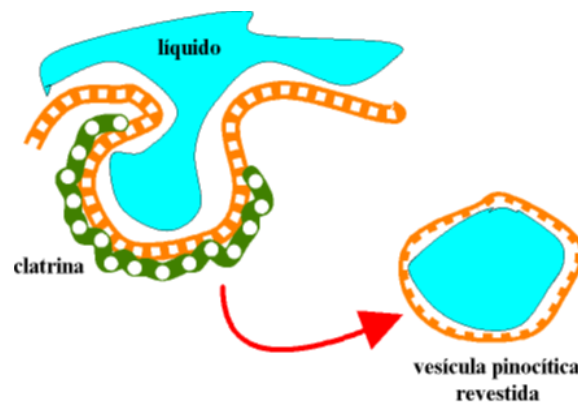


Fig 7: Pinocitosis.

### EXOCITOSIS:

Es un proceso, en cierto modo, contrario a la endocitosis. Se lleva a cabo mediante la fusión de vesículas (procedentes del interior de la célula) con la membrana plasmática. De este modo, las vesículas de exocitosis aportan los componentes de su mb. (fundamentalmente, proteínas y lípidos) a la mb. Plasmática, compensando las pérdidas de fragmentos de membrana por endocitosis.

Meditante la exocitosis, las células eliminan al exterior productos de desecho o secretan moléculas, como las que forman la matriz extracelular.

## 2.4. Receptores de superficie y reconocimiento celular.

Las células libres necesitan reconocer y responder a señales de su entorno. Esto les permite, por ejemplo, reconocer cambios de luz, nutrientes y productos tóxicos.

En un organismo pluricelular, el comportamiento de todas sus células tiene que estar coordinado mediante intercambios de señales, de las que dependen su crecimiento, desarrollo, división y fisiología en general.

Si las moléculas de señal extracelulares son pequeñas e hidrofóbicas, pueden pasar a través de la mb. por difusión simple y actuar sobre receptores moleculares del interior de la célula diana. Si las moléculas responsables de las señales extracelulares son grandes o muy hidrofílicas, no pueden pasar la mb. plasmática y, por tanto, el receptor específico de la señal tiene que situarse en la mb. de la célula diana.

Una sola célula puede tener varios receptores diferentes, haciendo sensible la célula a muchas señales extracelulares, que al actuar conjuntamente, pueden controlar funciones tan variadas como la división celular, los movimientos celulares y la activación o inhibición de determinados genes.

En un organismo pluricelular, una célula está expuesta a una gran variedad de moléculas señalizadoras y responde selectivamente a estas señales reaccionando sólo ante algunas de ellas, según su función específica.

La respuesta implica la recepción de la molécula señal mediante una proteína receptora específica y la transducción, que transforma la señal extracelular en señales intracelulares que modificarán la actividad celular.

## 2.5. Especializaciones de la membrana plasmática.

**a) Microvellosidades o microvilli:** Revisten la superficie de algunas células incrementando su capacidad de absorción en el caso del epitelio intestinal. Son evaginaciones digitiformes de la membrana plasmática. Una sola célula del epitelio del intestino delgado humano tiene varios miles de ellas.

**b) Invaginaciones:**

**c) Uniones de membrana:** Las células de los organismos pluricelulares establecen contactos entre sí. Estas uniones hacen posible el intercambio de iones inorgánicos y pequeñas moléculas hidrosolubles.

**d) Glucocáliz o glicocáliz:** Muchos organismos procariotas secretan en su superficie materiales viscosos y pegajosos. Estas estructuras generalmente están formadas por polisacáridos y raramente son de naturaleza proteica, a estas estructuras es lo que se denomina glucocáliz. Puede ser grueso o delgado, rígido o flexible, dependiendo de su naturaleza química. Posee varias funciones entre las que se encuentra la fijación (adherencia) de ciertos microorganismos patógenos a sus hospedadores.

### 3. PARED CELULAR VEGETAL.

Es un componente fundamental de todas las células vegetales. Esta estrechamente adosada a la membrana plasmática, se localiza en el exterior de la mb. plasmática. La pared proporciona a las células vegetales la capacidad de resistir los cambios de presión osmótica y, en cambio, las incapacita para el desplazamiento. Por eso, los organismos vegetales no desarrollan huesos, músculos ni sistema nervioso, de tal manera que diferencias esenciales entre plantas y animales, se deben a la presencia de las paredes celulares.

Todos sus componentes son sintetizados y secretados por la propia célula. La pared celular esta compuesta de 3 capas: lamina media, pared primaria y pared secundaria:

La primera capa que se forma a partir de la membrana plasmática es la ***lámina media***, común a las dos células y compuesta principalmente por pectinas.

Entre la lámina media y la membrana plasmática se depositan hasta 3 capas dando lugar a la ***pared primaria***. Aparee en células todavía jóvenes. Es semirrígida y en ella las fibras de celulosa se disponen en forma de red con abundante cemento. Esta compuesta también de hemicelulosa, pectinas y proteínas.

Cuando la célula deja de crecer, puede conservar sólo la pared primaria, engrosándola a veces, o depositar nuevas capas de distintos compuestos originando la ***pared secundaria***. En ellas predomina la celulosa. Las fibras de celulosa están dispuestas y ordenadas paralelamente lo que confiere gran resistencia a la pared, aunque la célula pierde la capacidad de estirarse.

En algunos casos se pueden depositar macromoléculas especiales, como la lignina o la cutina.

#### 3.2 Plasmodesmos y punteaduras.

A pesar de su resistencia y grosor, la pared celular es permeable tanto al agua como a las sustancias disueltas en ella. Esto es posible por la existencia de diferenciaciones que conectan entre sí las células y con el medio que las rodea. Son de dos tipos:

**1.- Punteaduras:** son zonas delgadas de la pared formadas por la lámina media y una pared primaria muy fina. Suelen situarse al mismo nivel en dos células vecinas.

**2.-Plasmodesmos:** son conductos citoplasmáticos muy finos que comunican células vecinas, para lo cual atraviesan completamente las paredes celulares. La membrana plasmática de cada célula se continua con la de su vecina por los plasmodesmos.

### 3.3. Función. Presión de turgencia.

La pared celular es un exoesqueleto que protege la célula vegetal de esfuerzos mecánicos y mantiene la integridad celular a pesar de las diferencias de presión osmótica que existen debido a que el medio que rodea a las células es hipotónico con respecto al interior celular. La célula vegetal absorbe agua del medio hasta cierto límite, ya que ésta ejerce una fuerte presión hidrostática sobre la pared celular e impide que el agua siga entrando. Esta presión, denominada *turgencia*, es vital para las plantas y origina los movimientos que tienen lugar en los vegetales, como la apertura y cierre de estomas, hojas que se mueven al tocarlas, etc.

## 4. HIALOPLASMA O CITOSOL.

El citosol, también llamado hialoplasma, es la fracción soluble del citoplasma. Está formado por una masa gelatinosa que ocupa todo el espacio desde el citoplasma externo hasta los orgánulos celulares. Constituye el verdadero jugo celular aunque no se trata de una simple disolución dispersa al azar pues posee una compleja organización interna formada por redes de microfilamentos y microtúbulos denominada **citoesqueleto** (no existen en células procariotas).

El citosol contiene los sistemas enzimáticos responsables de gran parte de las reacciones del metabolismo, como la glucólisis, glucogénesis, glucogenogénesis, síntesis de ácidos grasos, nucleótidos y aminoácidos. También se sintetizan en el citosol algunas proteínas mediante los ribosomas que se encuentran libres en él. En el citosol se almacenan algunos productos de la biosíntesis, sobre todo sustancias de reserva, como el glucógeno y las grasas que, en forma de gotas dispersas, pueden llegar a ocupar todo el volumen celular, como es el caso de los adipocitos.

### 4.1. Citoesqueleto.

Del citoesqueleto depende el mantenimiento de la estructura tridimensional de la célula, lo cual es especialmente importante para las células animales, ya que éstas no tienen pared celular como las vegetales.

Es una estructura muy dinámica, que se reorganiza continuamente y que hace posibles los cambios de forma y movimientos de la célula, así como también los movimientos intracelulares de los que dependen: la localización y transporte de sustancias y de orgánulos, los movimientos de los cromosomas durante la división celular y la separación de las células hijas.

El citoesqueleto está formado por tres tipos de estructuras proteicas alargadas: microfilamentos o filamentos de actina, filamentos intermedios y microtúbulos:

**1.- Microfilamentos o filamentos de actina:** Cada filamento es una especie de doble hélice alargada en forma de trenza. Están formados por moléculas globulares de la proteína *actina*. Cada filamento tiene polaridad con un extremo (+) y otro (-).

Son estructuras muy delgadas, flexibles y cortas. Generalmente se encuentran agrupadas en haces, lo cual les da mayor fortaleza. Igual que los microtúbulos, tienen gran facilidad para ensamblarse y desensamblarse, por eso su participación en los movimientos celulares es decisiva.

**2.- Microtúbulos:** Se trata de estructuras cilíndricas alargadas formadas por subunidades de la proteína *tubulina*. En la célula hay una mezcla de unidades de tubulina ensambladas formando microtúbulos, y de unidades de tubulina libres en el citosol disponibles para ensamblarse haciendo crecer a los microtúbulos, por ejemplo durante la formación del huso mitótico en la división celular.

**3.- Filamentos intermedios:** Son estructuras filamentosas formadas por proteínas diferentes dependiendo del tipo del tejido. Su nombre se debe a que su diámetro es intermedio entre el de los filamentos de actina y los de miosina.

Son muy rígidos y resistentes, proporcionando a algunos tipos de células animales una gran resistencia mecánica que permite a las células de ciertos tejidos soportar estiramientos, como a las células musculares.

Los filamentos intermedios son como cuerdas con muchas hebras retorcidas que se asocian mediante enlaces no covalentes. La mayoría de estos filamentos son muy estables, sin embargo, los que forman la lámina nuclear (que estabiliza la envoltura nuclear desde el interior) se ensamblan y se vuelven a organizar en cada división celular.

## 5. CENTRIOLOS, CILIOS Y FLAGELOS.

Son estructuras formadas por microtúbulos estabilizados mediante la asociación de la tubulina con otras proteínas.

**Cilios y flagelos:** Son prolongaciones móviles localizadas en la superficie de muchas células que permiten a éstas desplazar el medio que les rodea. A su vez, el desplazamiento del medio da origen al movimiento de las células si viven aisladas.

La estructura interna de cilios y flagelos es muy similar. La diferencia más llamativa es que los cilios son muchos y cortos, mientras que los flagelos son pocos, más gruesos y más largos.

Aunque flagelos y cilios eucariotas son idénticos en ultraestructura, el patrón de batido de los dos tipos de apéndices es diferente, es decir cilios y flagelos se mueven de forma distinta. Los flagelos, que impulsan a los espermatozoides y a muchos protistas, están diseñados para que uno sólo de ellos (o unos pocos) pueda impulsar a la célula completa a través de un fluido. El batido del flagelo genera un movimiento helicoidal sin que el eje rote sobre sí mismo (como el giro de una honda). En contraste, los cilios están diseñados para actuar coordinadamente con otros muchos sobre la superficie celular en un batido consistente en movimientos cíclicos primero hacia atrás (propulsado rígido) y luego hacia adelante (recuperación flexible), como el batido de un remo.

Los cilios tienen una forma cilíndrica, de diámetro uniforme en toda su longitud, con una terminación redondeada, semiesférica. Pueden ser descritos como una evaginación digitiforme (una prolongación en dedo de guante) de la membrana plasmática, con un contenido que es continuación del citoplasma.

• **Centrosoma y centriolos:** El centriolo es un orgánulo presente en todas las células animales. Generalmente, al microscopio óptico se aprecian dos gránulos (centriolos) que constituyen el llamado *diplosoma*. En el diplosoma los centriolos se disponen perpendicularmente. Alrededor del diplosoma se distingue una zona esférica clara denominada *centrosfera*. De esta zona irradian un conjunto de filamentos que, por su posición recuerdan a los rayos de un astro y reciben el nombre de *áster*. Estos tres elementos (diplosoma, centrosfera y áster) muy frecuentemente se sitúan en el centro de la célula y constituyen el *centrosoma*.

Funciones. Una de las funciones del centriolo es inducir la *formación del huso acromático*. Esta función es clara en las células animales. En las vegetales - muchas de las cuales carecen de centriolos visibles- también se forma el huso acromático. La segunda función está relacionada con los cilios y flagelos: inducen la formación de cilios y flagelos.

## 6. RIBOSOMAS.

Todas las células, ya sean procariotas o eucariotas poseen ribosomas. Son orgánulos visibles solamente con M.E. Son partículas globulares de 15-30 nm. de diámetro. Cada ribosoma está formado por dos subunidades, una mayor y otra menor, las cuales se asocian en presencia de ARNm.

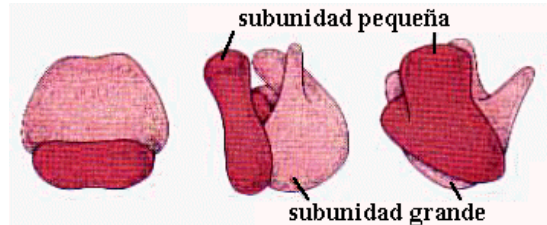


Fig. 8: Ribosomas.

En todos los tipos de células su estructura es muy semejante. Son complejos macromoleculares formados por proteínas ribosómicas, asociadas con moléculas de ARN ribosómico.

En células eucarióticas los ribosomas pueden estar libres en el citoplasma o asociados a las membranas del retículo endoplasmático rugoso. Los ribosomas procarióticos son más pequeños que los eucarióticos.

Ribosoma eucariota: subunidad grande 50 S    subunidad pequeña 40 S

Ribosoma procariota: subunidad grande        subunidad pequeña

Los ribosomas cumplen diferentes funciones:

- Los ribosomas libres intervienen en la síntesis de proteínas solubles en Agua.
- Los ribosomas que están adheridos a las membranas en la parte citosólica del retículo endoplásmico participan en la síntesis de proteínas cuyo destino será el interior del retículo, el complejo de Golgi, los lisosomas o la superficie celular.



## 7. RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO.

La cara externa de la membrana nuclear forma un continuo con el retículo endoplásmático (R.E.), que es un conjunto de sacos membranosos que ocupan gran parte de la célula. Una parte de este retículo tiene ribosomas unidos a la cara celular de la membrana: se llama entonces **retículo endoplasmático rugoso**, y tiene como función la síntesis de proteínas integrales de membrana o que van a ser exportadas. El **retículo endoplásmático liso**, sin ribosomas unidos a sus membranas, se encarga de la síntesis de lípidos de membrana y de las hormonas esteroideas.

Estas cavidades constituyen el 10% del volumen celular, se comunican entre sí y forman una red continua, separada del citosol por la membrana del propio R.E. El espacio interior de estas cavidades se denomina *lumen*.

Funciones del R.E.R.:

*.-Síntesis de proteína:* los ribosomas unidos a las membranas del R.E.R. son los responsables de esta síntesis. Las proteínas obtenidas pueden tener dos destinos: si forman parte de los productos de secreción celular son transferidas al interior de cavidades por las que circulan por la célula. Si forman parte de las membranas celulares, quedar ancladas a la membrana del R.E.

Funciones del R.E.L.:

Las membranas del R.E.L. forman vesículas que se fusionan con los demás orgánulos membranosos, favoreciendo el continuo intercambio de material.

*.- Síntesis de lípidos:* Los fosfolípidos y el colesterol se sintetizan en las membranas del R.E.L. Estas moléculas, debido a su estructura, con colas fuertemente hidrofóbicas, se disuelven mal en el citosol, por esto su síntesis se asocia con sistemas de membrana.

*.- Detoxificación:* en la membrana del R.E.L. existen enzimas capaces de eliminar la toxicidad de aquellas sustancias que resultan perjudiciales para la célula, ya sean producidas por ella misma como consecuencia de su actividad vital o provengan del medio externo. La pérdida de toxicidad se consigue transformando estas sustancias en otras solubles que puedan abandonar la célula y ser secretadas por la orina. Esta función la realizan principalmente las células de los riñones, los pulmones, el intestino y la piel.

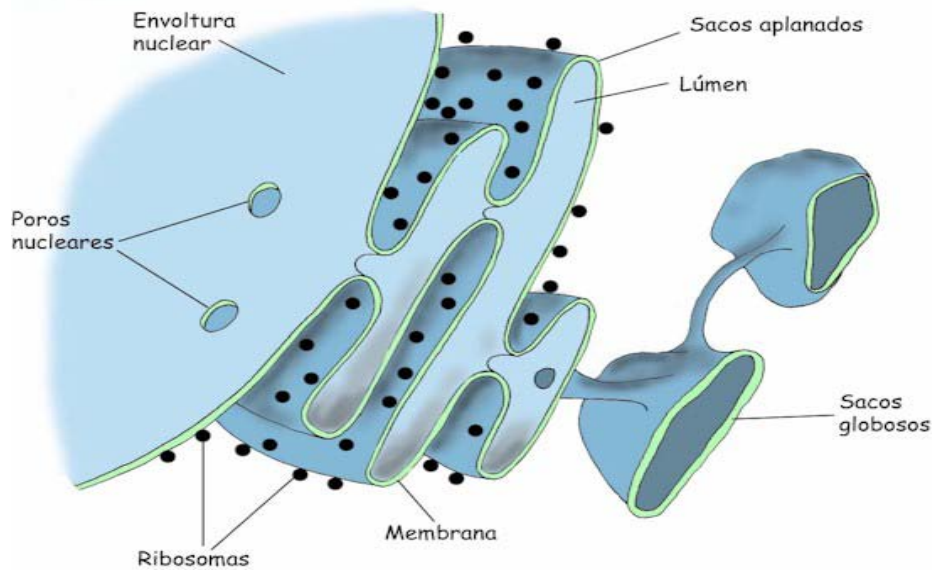


Fig. 9: Estructura del R.E.

## 8. APARATO DE GOLGI.

El aparato de golgi es un complejo sistema de cisternas o sáculos situado próximo al núcleo y en las células animales suele rodear a los centriolos, el cual recibe las proteínas y los lípidos del retículo endoplasmático, los modifica y los envía a los distintos lugares dónde se van a necesitar. Actúa como un centro de empaquetamiento, modificación y distribución.

El aparato de Golgi recibe, acumula, y empaqueta los productos provenientes del REL (lípidos) y RER (proteínas).

Luego de procesarlos, los elimina en forma de lisosomas, los cuales cumplen con la digestión celular. Es un organoide del sistema de membranas que sintetiza lípidos y glúcidos.

Cada lisosoma primario es una vesícula que brota del aparato de Golgi, con un contenido de enzimas hidrolíticas (hidrolasas). Las hidrolasas son sintetizadas en el REG y viajan hasta el aparato de Golgi por transporte vesicular.

Está formado por una serie de **cisternas**, entre 4 y 6, aunque en los eucariotas inferiores su número puede llegar a 30, limitados por una membrana, que recibe el nombre de **dictiosomas**, su número y tamaño depende de la función que tenga la célula.

El A.G. está polarizado en cuanto a su estructura ya que presenta dos caras distintas: la **cara cis**, o de formación, y la **cara trans**, o de maduración.

Los dictiosomas tienen dos caras:

- *Una cara cis o cara de entrada:* La cara cis se localiza cerca de las membranas del R.E. Sus membranas son finas y su composición es similar a la de las membranas del R.E. Alrededor de ella se sitúan las vesículas de Golgi o de transición que derivan del R.E.
- *Una cara trans o cara de salida:* La cara trans suele estar cerca de la membrana plasmática. Sus membranas son más gruesas y se asemejan a la membrana plasmática. En esta cara se localizan unas vesículas más grandes, las vesículas secretoras.

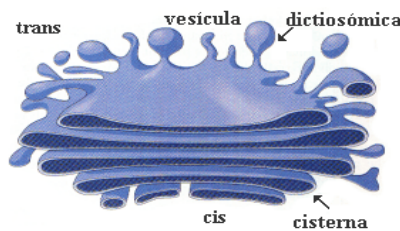
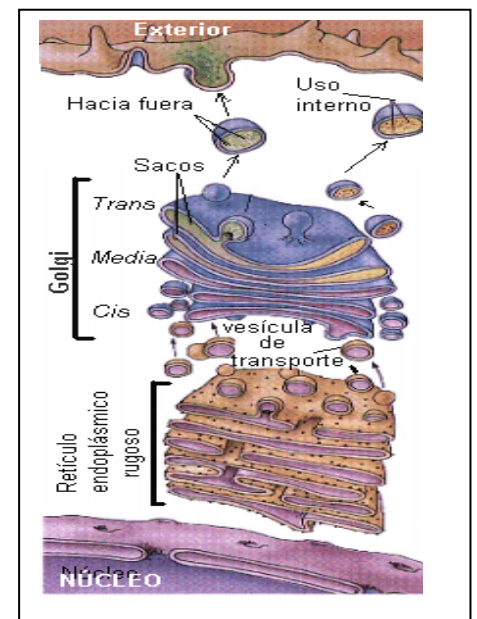


Fig. 10: Estructura del aparato de golgi.

Ambas caras, están conectadas a unos compartimentos tubulares denominados red de cis y red de trans de Golgi. Las proteínas y lípidos que entran en la red por la cara cis, lo consiguen gracias a las vesículas de transporte del retículo endoplasmático salen a la superficie o a donde requiera el organismo.

Se cree que el transporte de proteínas entre estos dictiosomas es a través de vesículas de transporte, dichas vesículas surgen por gemación de una cisterna que se va a formar fusionándose con la siguiente.

Fig. 11: Funcionamiento del aparato de golgi.



## 9. LISOSOMAS.

Son vesículas rodeadas por una membrana en cuyo interior tiene lugar la digestión controlada de materiales extracelulares o de orgánulos celulares envejecidos. Se encuentran en todas las células eucarióticas.

Estos lisosomas están llenos de enzimas hidrolíticas, son capaces de romper las macromoléculas. Estas enzimas se sintetizan en el RER y se transportan a través del aparato de golgi. El pH óptimo para el funcionamiento de la mayoría de las

enzimas es pH ácido (menor de 5). La membrana del lisosoma impide que sea digerido a sí mismo por estas enzimas y, además, es la que se encarga de mantener en el interior un pH ácido. Aunque todos los lisosomas contienen enzimas hidrolíticas, el resto de su contenido puede ser muy distinto. Debido a ello se distinguen dos tipos:

1.- *Lisomas primarios*: sólo contienen enzimas hidrolíticas; se trata de vesículas de secreción, recién formadas por gemación a partir del A.G.

2.- *Lisomas secundarios*: contienen, además de las hidrolasas, sustratos en vía de digestión. Se trata de lisosomas primarios que se han fusionado con otras sustancias; si éstas tienen origen externo se llaman vacuolas heterofágicas o digestivas, y si tienen origen interno de la célula se denominan vacuolas autofágicas.

Los lisosomas pueden realizar la digestión celular de dos formas distintas:

***Digestión extracelular***: se produce cuando los lisosomas vierten su contenido al exterior de la célula, donde tiene lugar la digestión. Es muy corriente en los Hongos.

***Digestión intracelular***: se produce cuando el lisosoma permanece en el interior de la célula, pero según de donde provenga el sustrato se distinguen dos tipos:

a) *Autofagia*: cuando el sustrato es un constituyente celular como porciones del A.G., del R.E., etc. Desempeña un importante papel en la vida de las células, ya que destruye zonas dañadas o innecesarias de las mismas.

b) *Heterofagia*: cuando el sustrato es de origen externo. Su finalidad es doble, nutrir y defender a la célula. Los sustratos son capturados por endocitosis y se forma una vesícula que se fusiona a un lisosoma primario dando origen a una vacuola digestiva o heterofágica. En su interior se produce la digestión de los sustratos pasando los productos de la digestión al hialoplasma donde son utilizados. Los desechos no digeribles son expulsados al exterior de la célula por exocitosis.

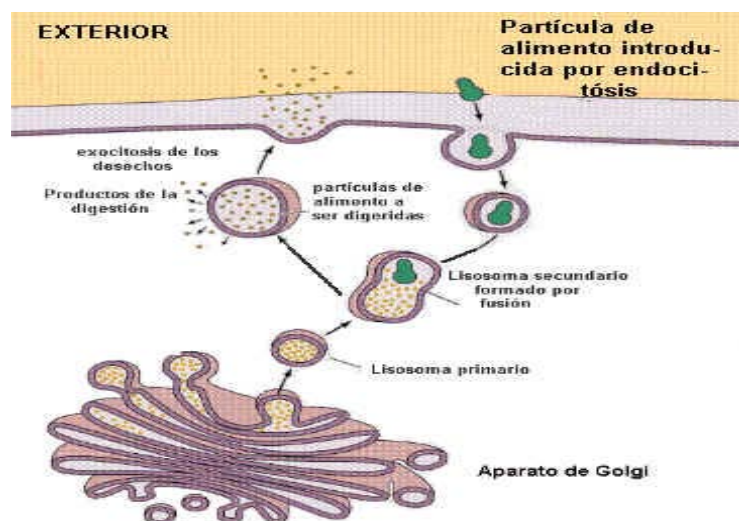


Fig. 12: Formación de un heterofagosoma.

## 10. VACUOLA VEGETAL.

La mayoría de los vegetales y levaduras tienen en sus células una o varias que pueden llegar a ocupar del 30 % al 90% del volumen celular. Las vacuolas se forman en células jóvenes por fusión de vesículas derivadas del R.E. y del A.G. Pueden considerarse como grandes lisosomas, ya que tienen varias enzimas hidrolíticas, pero sus funciones son diversas.

Entre las funciones de las vacuolas destacan:

1. Controlar la turgencia. La membrana de las vacuolas se llama a veces *tonoplasto*, y al conjunto de vacuolas se les denomina *vacuoma*.
2. Actúa de almacén, en ellas se almacenan gran variedad de sustancias con distintos fines: productos de desecho que resultarían perjudiciales para la célula si se almacenaran en el citoplasma. Las vacuolas de ciertas células acumulan sustancias tan especiales como el caucho o el opio.
3. Acumulan colorantes que permiten resaltar partes del vegetal, como colorantes para los pétalos.
4. Acumulan sustancias con efectos sobre los animales como alcaloides o glucósidos tóxicos.
5. Acumulan sustancias de reserva, como ocurren en las semillas.
6. Controlan el tamaño celular: permiten crecer a la célula sin que ello suponga un gasto de energía. Las células vegetales crecen, en gran medida, por acumulación de agua en sus vacuolas.
7. En las células de algunos protozoos existe un tipo especial de vacuolas denominadas **Vacuola Contráctil** que le sirve al protozoo para controlar los cambios de presión osmótica cuando éste carece de pared rígida. Esta vacuola toma agua del citosol y la expulsa periódicamente al exterior, controlando de ese modo el exceso en la toma de agua por la célula. Esto ocurre cuando estas células viven en ambientes hipotónicos.

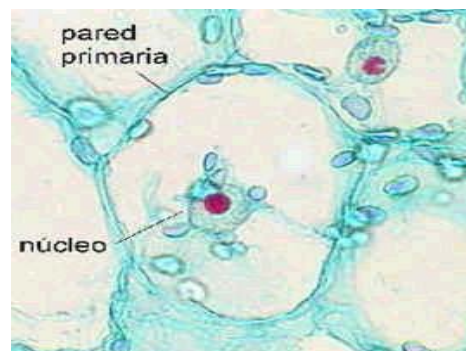
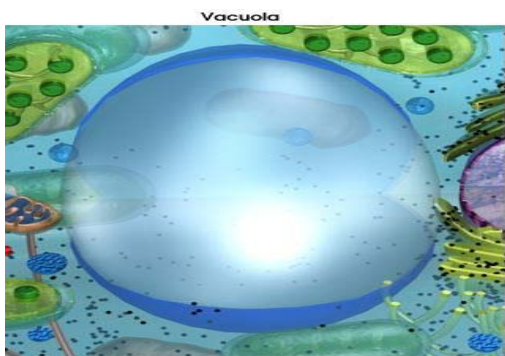


Fig.13: Vacuola.

## 11. PEROXISOMAS.

Son orgánulos pequeños, limitados por membranas que se parecen mucho a los lisosomas, tanto en el tamaño como en morfología y se distinguen porque tienen una dotación de enzimas totalmente diferente ya que contienen oxidasas, como la peroxidasa y la catalasa, que producen o utilizan peróxido de hidrógeno (agua oxigenada,  $H_2O_2$ ).

Están presentes en casi todas las células eucarióticas. Se forman por gemación al desprenderse del retículo endoplasmático liso, aunque por sí mismos pueden abultar cierta porción de su membrana produciendo nuevos peroxisomas sin derramar su contenido en el citoplasma. Dicha membrana protege la célula de los efectos dañinos del interior del peroxisoma. Las partículas de su interior suelen estar cristalizadas. No se observa en ellos ni ribosomas ni material genético propio.

Las oxidasas participan en reacciones metabólicas de oxidación utilizando el oxígeno molecular y produciendo peróxido de hidrógeno. Sin embargo, el peróxido es un compuesto muy tóxico para las células por lo que es degradado dentro del propio peroxisoma mediante la acción de las catalasas. La catalasa utiliza el  $H_2O_2$  para oxidar una gran variedad de otros sustratos como etanol, metanol, etc.

Estas reacciones de oxidación tienen como finalidad la detoxificación de gran número de sustancias tóxicas. Por ello, la actividad de estos orgánulos es especialmente importante en las células del hígado y del riñón. Por ejemplo, aproximadamente casi la mitad del alcohol que entra en el hígado es oxidado en los peroxisomas presentes en ese órgano.



En las semillas en germinación hay unos peroxisomas especiales, llamados **glioxisomas**, que convierten los lípidos almacenados en azúcares, que son transportados a las células en crecimiento. Las células animales carecen de glioxisomas y, por tanto, no tienen posibilidad de transformar grasas en azúcares.

En las plantas los peroxisomas contienen enzimas que realizan la fotorrespiración. Otras funciones de los peroxisomas son la síntesis de ciertos fosfolípidos y la beta-oxidación o degradación de los ácidos grasos.

## 12. MITOCONDRIAS.

Son orgánulos que están presentes en todas las células eucariotas. Tienen una forma variable, puesto que son estructuras muy plásticas que se deforman, se dividen y fusionan. Normalmente tienen forma cilíndrica y alargada. Su tamaño oscila entre 0,5 y 1  $\mu m$  de diámetro y hasta 7  $\mu$  de longitud.

Su número depende de las necesidades energéticas de la célula, ya que están especializadas en la obtención de energía en forma de ATP mediante el proceso



llamado de **respiración celular**. La morfología y el número varían de una mitocondria a otra. Las células con un elevado nivel de metabolismo, son más grandes y poseen una estructura serpenteada. En las hormonas esteroideas (células suprarrenales), las mitocondrias tienen las crestas tubulares.

Se desplazan por el citoplasma, asociadas a los microtúbulos del citoesqueleto. Ocupan posiciones cercanas a los lugares donde se consume ATP para conseguir energía.

Una de las características de la mitocondria es que posee su propio ADN (elementos para la síntesis proteica) y todo ello de una forma independiente de la forma celular. El ADN no se hereda por la misma vía que el celular o nuclear, de tal modo que en el varón, todo el material mitocondrial del embrión procede de las mitocondrias presentes en el óvulo materno, sin que exista ninguna relación con la figura paterna.

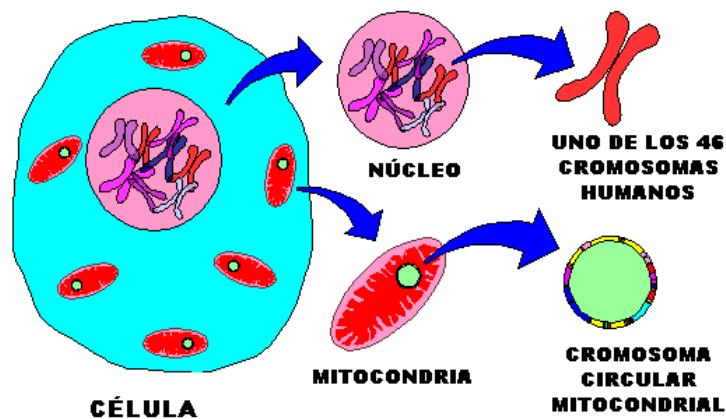


Fig. 14: Herencia citoplasmática.

Una mitocondria está limitada por una doble membrana, la membrana mitocondrial externa que la separa del hialoplasma, y la membrana mitocondrial interna, que forma unos repliegues hacia el interior, las crestas mitocondriales. Estas dos membranas (interna y externa), van a delimitar dos espacios mitocondriales internos: el espacio intermembranoso, limitado por ambas, y la matriz, espacio interno limitado por la membrana mitocondrial interna.

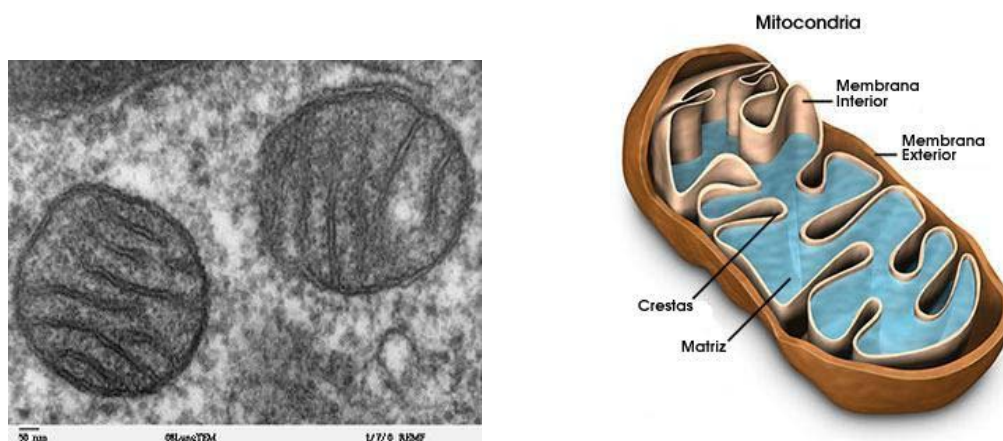


Fig. 15: Mitocondrias al M.E. y estructura.

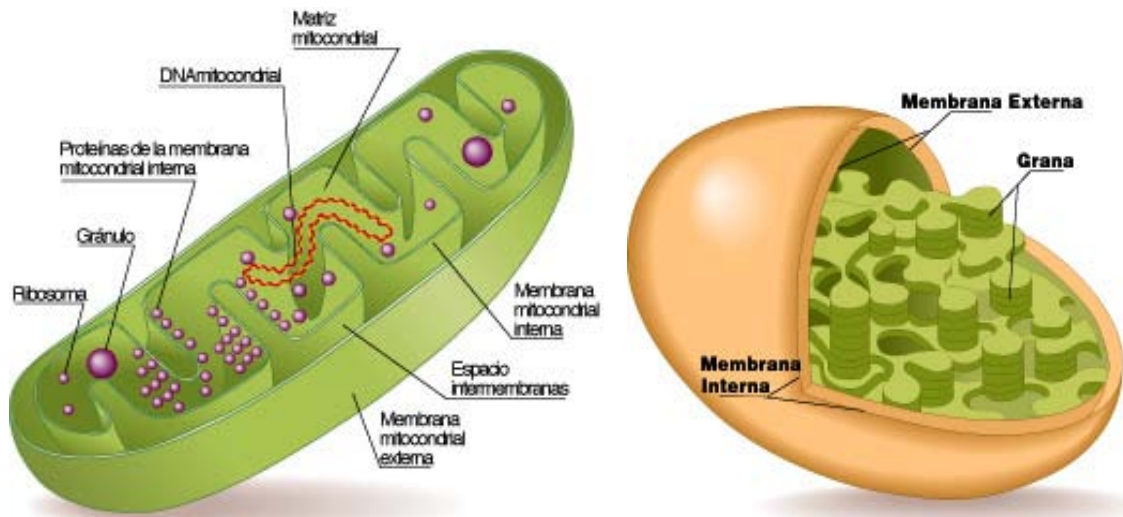


Fig. 16: Estructura de una mitocondria.

Descripción de las partes de una mitocondria:

1. **Membrana externa:** Es lisa, rica en proteínas de transporte muy especializadas como la **porina**, por ello es permeable a muchas moléculas, incluyendo proteínas pequeñas. Además tiene enzimas implicados en la síntesis de lípidos y otros que activan los ácidos grasos para su posterior oxidación en la matriz.
2. **Membrana interna:** La membrana interna se dobla sobre si misma formando pliegues, formando las *crestas mitocondriales* con el objetivo de incrementar su superficie. No tiene porinas y es mucho más impermeable a los iones por el tipo de fosfolípidos que posee. Contienen numerosas proteínas que actúan en el transporte selectivo de las moléculas que son metabolizadas en la matriz. Posee enzimas encargadas de la respiración y ATPsintetasas responsables de la producción de energía (síntesis de ATP).
3. **Espacio intermembranoso:** Su composición es muy semejante a la del citosol, debido a la gran permeabilidad de la membrana externa. Contiene:
  - Sustratos metabólicos que difunden al interior de la mitocondria a través de su membrana externa.
  - ATP generado por la propia mitocondria.
  - Iones bombeados desde la matriz durante el proceso de fosforilación oxidativa.
4. **Matriz mitocondrial:** Contiene gran cantidad de enzimas que:
  - oxidan los ácidos grasos.
  - Oxidan y descarboxilan el piruvato.
  - Intervienen en el ciclo del ácido cítrico.

Además contiene:

- Agua, iones y muchos metabolitos como: ATP, ADP, coenzima A...
- Su propio **ADN** (varias copias, que pueden estar asociadas con la membrana interna). Es de doble cadena y circular, muy semejante al bacteriano.
- Su propios **ribosomas**, también semejantes a los bacterianos.

### 13. PLASTOS. CLOROPLASTOS.

Los plastos son orgánulos exclusivos de las células vegetales (plantas superiores y algas). Se sitúan en zonas próximas a la periferia de las células. Los plastos, o plastidios, constituyen una familia de orgánulos vegetales con un origen común y que se caracterizan por tener información genética propia y poseer una envoltura formada por una doble membrana.

Se distinguen los siguientes tipos de plastos:

1.- **Etioplastos:** cuando la célula vegetal crece en la oscuridad se forman los etioplastos. En su sistema de membranas posee un pigmento amarillo, precursor de la clorofila, la protoclorofila. Si estas células se exponen a la luz, los etioplastos se convierten en cloroplastos: la protoclorofila se transforma en clorofila, aumentan las membranas internas y se forman las enzimas y demás sustancias necesarias para la fotosíntesis.

2.- **Cromoplastos:** dan el color amarillo, anaranjado o rojo a flores y frutos de muchos vegetales. Ello se debe a que acumulan pigmentos carotenoides

3.- **Leucoplastos:** son de color blanco. Se localizan en las partes del vegetal que no son verdes. Entre ellos destacan los amiloplastos, que acumulan almidón en los tejidos de reserva.

#### 13.1. Cloroplastos.

Son orgánulos exclusivos de las células vegetales (plantas superiores y algas). Se sitúan en zonas próximas a la periferia de las células. Su forma es variada, en general, son ovoides y alargados. Su color es verde, pues poseen una gran cantidad del pigmento clorofila. Su número depende del tipo de célula en la que se encuentren, por término general, en las células de una hoja puede haber de 30 a 50. Son los orgánulos responsables de la fotosíntesis.

Tienen su propio ADN, sus ribosomas y todos los metabolitos y enzimas necesarios para poder sintetizar sus propias proteínas.

En el cloroplasto hay 3 membranas (externa, interna y tilacoidal) que separan 3 compartimentos (intermembranoso, estroma y espacio tilacoidal).

Los componentes son:

1. **Membrana externa:** Es muy permeable a moléculas e iones pequeños. No poseen clorofila. Al igual que la interna el 60% son lípidos y el 40% son proteínas.
2. **Membrana interna:** Es menos permeable que la mb. Externa. Delimita un gran espacio central, el *estroma*. No tiene crestas como ocurría en las mitocondrias.
3. **Espacio intermembranoso:** Debido a la permeabilidad de la membrana externa, contiene una sustancia coloidal con una composición muy parecida a la del citosol.
4. **Estroma:** Es una sustancia coloidal con gran cantidad de enzimas solubles responsables de las reacciones de la fase oscura de la fotosíntesis. ADN cloroplástico (doble hélice y circular) con información para sintetizar proteínas.
5. **Membrana tilacoidal:** Impermeable a la mayoría de las moléculas e iones, contienen todas las moléculas responsables de la fase luminosa de la fotosíntesis. Esta forma la pared de unos discos aplanados llamados tilacoides, que se comunican entre sí formando un tercer compartimento, el espacio tilacoidal, separado del estroma por la membrana tilacoidal.
6. **Tilacoides:** Sacos membranosos aplanados de diferentes tamaños y dispuestos paralelamente. Se asocian en estructuras denominadas *grana*.
7. **Espacio tilacoidal:** Coloide con una composición muy variable fundamental durante la fase lumínica de la fotosíntesis.

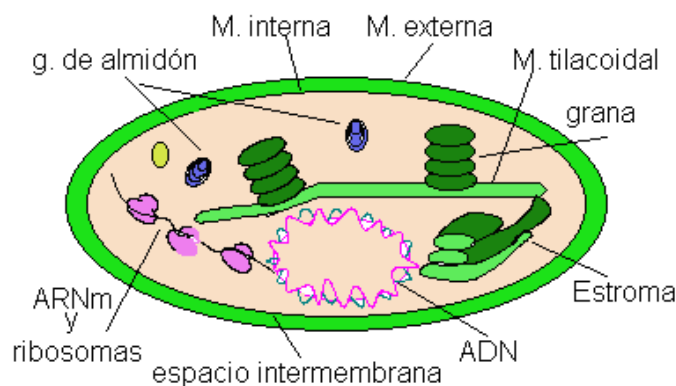


Fig.17: Componentes del cloroplasto.

## 14. MATERIAL DE ALMACENAMIENTO O INCLUSIONES.

Son depósitos de materiales de reserva o desecho, en el citoplasma de células eucariotas como procariotas, limitados o no por membranas. Las sustancias acumuladas más frecuentes son:

**GLUCÓGENO:** Es un polisacárido de reserva energética de los animales, formado por cadenas ramificadas de glucosa; es soluble en agua. Abunda en el hígado y en el músculo.

**ALMIDÓN:** Es un polisacárido de reserva predominante en las plantas. Los gránulos de almidón son relativamente densos, insolubles e insolubles en agua. Es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina.

## 15. EL NÚCLEO EN INTERFASE.

El núcleo es el orgánulo de mayor tamaño de la célula. Todas las células eucarióticas tienen núcleo, y éste es precisamente el carácter que las define. Normalmente su posición es central pero puede hallarse desplazado por los constituyentes del citoplasma, como es el caso de las vacuolas en las células vegetales.

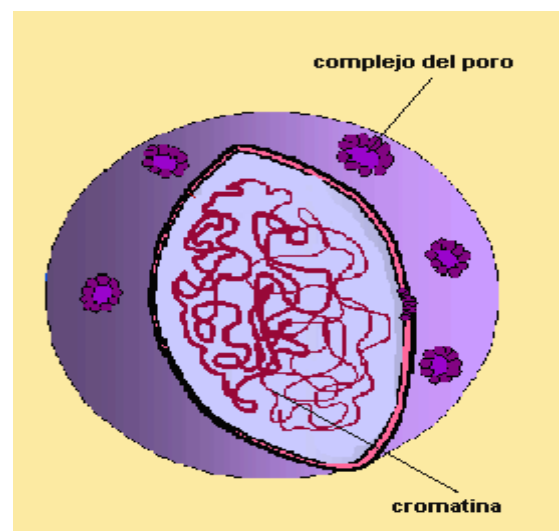
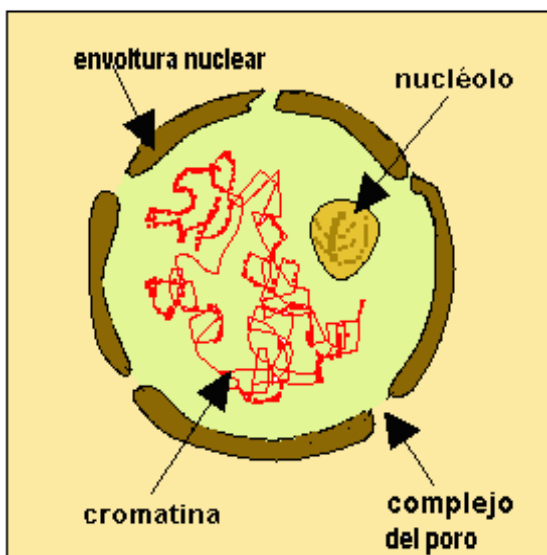
Posee dos **funciones principales**:

- Almacena el material hereditario o ADN
- Coordina la actividad celular, que incluye al metabolismo, crecimiento, síntesis proteica y división.

El tamaño del núcleo varía bastante, pero suele estar comprendido entre 5 y 15 micras. En cuanto a su forma, la más frecuente es la esférica, pero existen muchos casos de núcleos elipsoidales, arriñonados e incluso lobulados, como en muchos glóbulos blancos. Para cada tipo de células, la relación entre el volumen nuclear y el volumen citoplasmático es constante.

Durante el periodo que transcurre entre una división celular y la siguiente, no se observan cambios significativos en el núcleo al microscopio óptico, aunque su actividad sea máxima. A este estado se le llama **núcleo interfásico**.

Fig. 18: Estructura del núcleo.



En todos los núcleos se pueden distinguir cuatro partes: membrana nuclear (o envoltura nuclear), nucleoplasma, nucleolo y cromosomas:

1. **Membrana nuclear:** El núcleo está limitado por una membrana nuclear, compuesta por *dos membranas concéntricas* perforadas (interrumpidas) por unas estructuras especializadas llamadas *poros nucleares*. A través de éstos se produce el transporte de moléculas entre el núcleo y el citoplasma:
  - **Membrana Interna:** Adquiere su forma gracias a la *lámina nuclear*, una estructura que le da soporte, formada por filamentos intermedios de una proteína llamada *laminina*.
  - **Membrana Externa:** Es una prolongación del retículo endoplasmático rugoso y se encuentran con abundantes ribosomas.

Cada **Poro nuclear** esta formado por más de 100 proteínas. Cada poro contiene uno o varios canales de agua a través de los cuales pueden pasar moléculas pequeñas disueltas en agua, de manera no selectiva. También atraviesan los poros complejos proteicos, como las subunidades ribosómicas.

2. **Nucleoplasma:** Es el contenido interno del núcleo y es similar al citosol. Está formado por una disolución compuesta por gran variedad de principios inmediatos, especialmente nucleótidos y enzimas implicados en la transcripción y replicación del ADN. Inmersos en el nucleoplasma se encuentran los cromosomas y el/los nucleolo/s, pero no se encuentran libres, sino que están sostenidos por una red proteica tridimensional similar al citoesqueleto que se extiende por todo el núcleo y sirve de anclaje a las demás partes.
3. **Nucleolo:** Es un corpúsculo esférico que, a pesar de no estar delimitado por una membrana, suele ser muy visible dado que su viscosidad es mayor que la del resto del núcleo. Es frecuente que exista más de un nucleolo; el caso más extremo es el de los óvulos de los Anfibios que poseen más de un millar. El nucleolo contiene el aparato enzimático encargado de sintetizar los diferentes tipos de ARNr. Su función es precisamente la de formar y almacenar ARNr con destino a la organización de los ribosomas. Son también indispensables para el desarrollo normal de la mitosis.
4. **Cromatina y cromosomas:** La cromatina es la sustancia fundamental del núcleo y recibe este nombre por su capacidad de teñirse con colorantes básicos. Aunque con el M.E. se observa una masa grumosa aparentemente amorfa, es una de las estructuras celulares dotadas de mayor complejidad en su organización. Para que la cromatina sea funcional debe estar EXTENDIDA, ya que condensada no es activa. Durante la división celular, la cromatina se condensa, para formar *cromosomas*. En un momento dado,

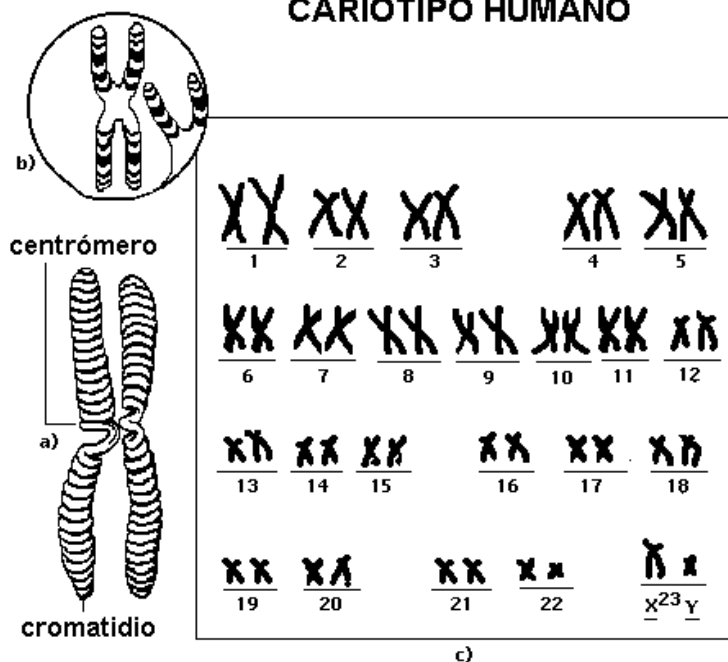


no toda la cromatina se encuentra en el mismo grado de condensación. Según esto, se distinguen dos tipos de cromatina:

- **Heterocromátina:** es la forma condensada de la cromatina, no activa. No participa en la síntesis del ADN.
- **Eucromatina:** Es más abundante en las células activas, esto es en las células que están transcribiendo. La eucromatina, junto con el nucleolo, son las zonas donde los genes se están transcribiendo.
- **Cromosomas:** En los periodos de división celular (Mitosis o Meiosis), la cromatina da lugar a unas estructuras denominadas cromosomas visibles con M.O. Tienen forma de bastoncillos más o menos alargados. Dentro de la misma especie la forma de cada cromosoma es constante, de tal manera que puede ser identificado cada uno de ellos. El tamaño de los cromosomas es variable.

El número de cromosomas de cada especie es constante. El conjunto formado por los cromosomas de una especie constituye su *cariotipo*. Las especies llamadas haploides poseen un número  $n$  de cromosomas distintos. Sin embargo las llamadas diploides poseen  $2n$  cromosomas, es decir,  $n$  parejas de cromosomas homólogos (idénticos). En cada pareja, uno de los cromosomas procede del padre y otro de la madre. En la especie humana, las células poseen 46 cromosomas en 23 parejas de homólogos. Es lo que se denomina dotación cromosómica de la especie humano.

El ADN es el soporte físico de la herencia, con la excepción del ADN de los plásmidos, todo el ADN esta confinado al núcleo. El ARN, se forma en el núcleo a partir del código del ADN. El ARN formado se mueve hacia el citoplasma.



## 16. COMPONENTES DE LA CÉLULA PROCARIOTA:

### 16.1. Introducción.

Las células procariotas son unas 10 veces más pequeñas que las eucarióticas. Su estructura es muy sencilla: sin núcleo definido en su interior y la mayoría sin compartimentos internos delimitados por membranas. Esta simplicidad no significa que las procariotas sean inferiores a las células eucarióticas.

Hay tres formas básicas muy comunes en las bacterias.

- Coco: forma esférica u ovalada.
- Bacilo: forma alargada o cilíndrica.
- Espirilo: forma espiral.

### 16.2. Pared: Gram + y Gram -.

En la mayoría de estas células, una pared celular rígida, permeable, rodea por fuera a la membrana plasmática, ayudando a mantener la forma de la célula y a resistir la presión interna que puede causar la entrada de agua por osmosis.

En las bacterias más típicas, la pared tiene como compuesto representativo un peptidoglucano como la **muerina**. La estructura y composición de la pared se utiliza para identificar bacterias. Un método muy utilizado en la Tinción de Gram.

- **Gram +:** La pared es muy ancha y esta formada por numerosas capas de peptidoglucano, reforzadas por moléculas de ácido teicoico (compuesto complejo que incluye azúcares, fosfatos y aminoácidos).
- **Gram -:** Es más estrecha y compleja, ya que hay una sola capa de peptidoglucano y, por fuera de ella, hay una bicapa lipídica que forma una membrana externa muy permeable, pues posee numerosas porinas, proteínas que forman amplios canales acuosos.

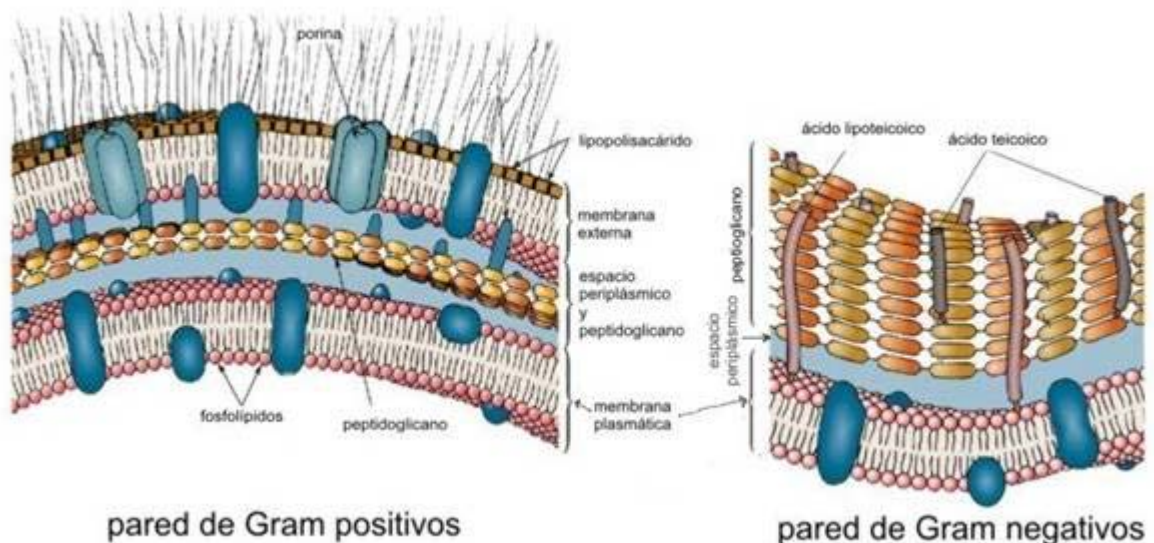


Fig. 19: Membranas de Gram + y Gram -.

Fuera de la pared suele haber una capa pegajosa o **Glicocálix**, con polisacáridos, proteínas o mezclas de ambos compuestos. Cuando tiene una estructura muy organizada y está unida firmemente a la pared se llama **Cápsula**. Estos materiales ayudan a las bacterias a adherirse a diferentes superficies (dientes, células, rocas, etc.) y las hacen más virulentas al protegerlas, a modo de coraza, del ataque de otras células.

### 16.3. Membrana plasmática.

Esta formada al igual que en las células eucariotas, a excepción de las arqueobacterias, por una bicapa de lípidos con proteínas, pero más fluida y permeable por no tener colesterol. Asociadas a la membrana se encuentran muchas enzimas, como las que intervienen en los procesos de utilización del oxígeno. Cuando las bacterias realizan la respiración celular necesitan aumentar la **superficie de su membrana, por lo que presentan invaginaciones hacia el interior, los mesosomas**. En las células procarióticas fotosintéticas hay invaginaciones asociadas a la presencia de las moléculas que aprovechan la luz, son los llamados **cromatóforos**, que se utilizan para llevar a cabo la fotosíntesis y se componen de pigmentos de bacterioclorofila y carotenoides.

### 16.4. Ribosomas, flagelos y Pili bacterianos.

En el interior celular, dispersos por el citoplasma, se encuentran una gran cantidad de **ribosomas**, un poco más pequeños que los ribosomas eucarióticos (70S en lugar de 80S), pero con la misma configuración general.

Algunas bacterias tienen uno o más **flagelos bacterianos** que sirven para el movimiento de la célula. Su disposición es característica en cada especie y resulta útil para identificarlas. Su estructura y modo de actuar son muy diferentes a los de los flagelos de las células eucarióticas. No están rodeados por la membrana celular, sino que constan de una sola estructura alargada, formada por la proteína *flagelina*, anclada mediante anillos en la membrana. Mueven la célula girando, como si fueran las hélices de un motor.

Muchas especies tienen también **fimbrias o Pili (pelos)**, proteínas filamentosas cortas que se proyectan por fuera de la pared celular. Algunos Pili ayudan a las bacterias a adherirse a superficies, otros facilitan la unión a otras bacterias para que se pueda producir la conjugación, esto es, una transmisión de genes entre ellas.

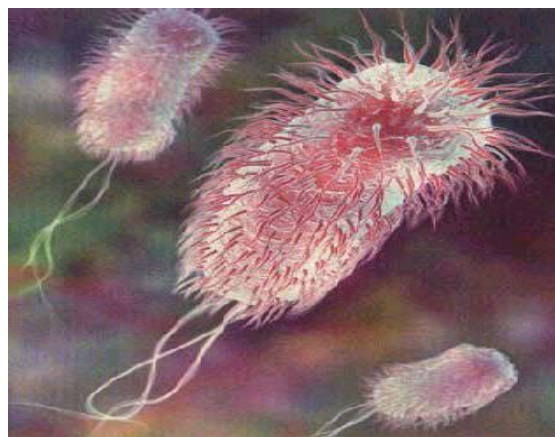


Fig. 20: Flagelos y Pili bacterianos.

### 16.5. Material genético bacteriano.

El **nucleoide** o zona en que está situado el **cromosoma bacteriano** está formado por una única molécula de ADN circular de doble cadena, asociada con unas pocas proteínas no histónicas. Esta molécula permanece anclada en un punto de la membrana plasmática.

Las bacterias pueden tener uno o más **plásmidos**, son moléculas de ADN extracromosómico circular o lineal que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico. Están presentes normalmente en bacterias, y en algunas ocasiones en organismos eucariotas como las levaduras pequeños círculos autorreplicantes de ADN que tienen unos pocos genes.

Hay algunos plásmidos integrativos, vale decir tienen la capacidad de insertarse en el cromosoma bacteriano. Digamos que rompe el cromosoma y se sitúa en medio, con lo cual, automáticamente la maquinaria celular también reproduce el plásmido. Cuando ese plásmido se ha insertado se les da el nombre de **episomas**.

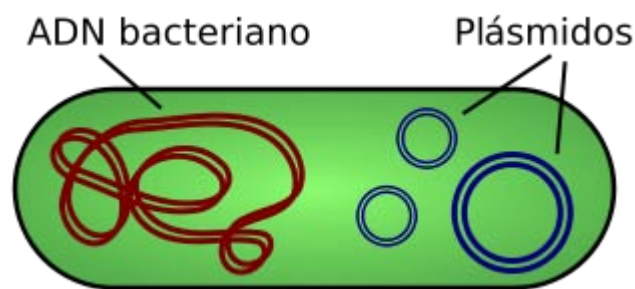


Fig. 21: Plásmido bacteriano.